

# BLINDAJE LIVIANO OPACO COMPUESTO (BLOC)

Carlos Horacio Scala

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Blindaje Liviano Opaco Compuesto. (BLOC), Scala: recibido 23/03/2016; aceptado 21/03/2016

## Resumen

El presente artículo surge de un experimento sobre balística que contempla el desarrollo de nuevos materiales compuestos con excelentes propiedades frente al impacto y de bajo peso, utilizando refuerzos de diferentes tipos, tales como fibras aramídicas, de carbono, y de vidrio en distintas matrices, termorrígidas (epoxídicas, poliéster y fenólicas) para diseñar un blindaje liviano para zonas opacas de automóviles, tanto particulares, como policiales. A su vez se analiza el efecto del agregado de nanopartículas en la formulación de la matriz para lograr un material compuesto con elevadas prestaciones que cumpla los requerimientos de la normativa correspondiente. El desarrollo propuesto

significará un gran aporte a la defensa y a la seguridad nacional ya que permitirá blindar vehículos para utilizar en zonas de conflicto tanto en el medio civil como militar/policial utilizando blindajes de última generación con mayor resistencia al impacto, menor peso y mayor vida útil en servicio, con la consiguiente mejora en la dinámica y seguridad tanto del vehículo como de sus ocupantes.

## Palabras claves:

Blindaje – Balística - Defensa y Seguridad Nacional

## Abstract

The following text comes up from an experiment on Ballistics which considers the development of new material made up with excellent impact properties and low weight using reinforcement of different types such as aramid, carbon and glass fibres in different mould, thermos rigid, (epoxide, polyester and phenolic) to design a light armour for blind areas of private or police cars. At the same time, the effect of the addition of nanoparticles in the formulation of the mould to obtain a complex material with high performance which fulfil all the requirements of the correspondent norm is analysed. The development suggested will mean a great contribution to the National De-

fence and Security due to the fact that it will allow to armour-plate vehicles to be used in conflict areas not only in private but also military and police environment. The use of armour of higher impact resistance, lighter weight and longer useful life providing an improvement in the dynamic and security of the vehicles and its occupants will be very significant.

## Keywords:

Armour – Ballistics – Defence and a y National Security

## **El hombre es un ser combativo por esencia**

Desde su existencia ha existido la rivalidad entre las armas y las protecciones contra ellas.

Desde tiempos inmemorables, el ser humano ha utilizado los distintos elementos de la naturaleza como herramientas de trabajo, pero también las ha utilizado como armas.

Pero... ¿qué es un arma?

Un arma es todo elemento que potencia la capacidad de una persona, defensiva u ofensiva, propia o impropia.

## **Clasificación breve de las armas de fuego:**

- Armas IMPROPIAS: todo elemento que no esté diseñado como arma, pero que produce el mismo efecto que el anterior.
- Armas PROPIAS: Construidas con la finalidad de producir efectos letales o causar un daño en las personas o cosas.

## **Armas de fuego**

Son aquellas que utilizan la energía de los gases producidos por la deflagración de pólvoras para lanzar un proyectil a distancia.

Abocándonos específicamente a las armas de fuego, dentro de las clasificaciones se pueden encontrar las siguientes:

## **Armas cortas**

Aquellas diseñadas y fabricadas para que sean empleadas con una sola mano.

La Norma MA.02 se aplica a todo material empleado en la construcción de blindajes específicos para la protección balística. Estos materiales se utilizan en la fabricación de escudos portátiles antibala, construcción de estructuras fijas de cerramiento y blindaje de vehículos.

Estos productos abarcan metales, materiales cerámicos, cerramientos transparentes, tejidos y plásticos reforzados con fibras, usados separadamente o en forma combinada, según el nivel de protección requerido.

## **Norma y niveles de resistencia balística**

La resistencia balística de los materiales utilizados en blindajes se clasifica según esta norma en siete niveles, de las cuales nos interesarán los cuatro

primeros, de acuerdo a su capacidad de protección:

### NIVEL RB2 PROYECTILES CALIBRE .357 MG DE ALTA VELOCIDAD Y 9 MM DE MEDIA VELOCIDAD

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .357 Mg de alta velocidad y calibre 9 mm de media velocidad. Asimismo, proporcionan protección contra amenazas del nivel RB1.

### NIVEL RB3 PROYECTILES CALIBRE .44 MG Y 9 MM DE ALTA VELOCIDAD

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .44 Mg y calibre 9 mm de alta velocidad. A su vez proporcionan protección contra amenazas de los niveles RB1 y RB2.

La AMENAZA balística de un proyectil depende mayoritariamente de:

- Composición
- Factor de forma ojival
- Calibre
- Masa
- Ángulo de incidencia
- Velocidad de impacto

En la Universidad de Lomas de Zamora, un equipo de ingenieros y doctores en distintas especialidades, dirigido por el Doctor Elvio Heidenreich como Director de Tesis y el Ingeniero Carlos Horacio Scala como Doctorando, se encuentran desarrollando un nuevo blindaje totalmente polimérico, conformado por materiales compuestos.



El proyecto contempla el desarrollo de nuevos materiales compuestos con excelentes propiedades frente al impacto y de bajo peso, utilizando refuer-

zos de diferentes tipos, tales como fibras aramídicas, de carbono y de vidrio en distintas matrices termorrígidas (epoxídicas, poliéster y fenólicas) para diseñar un blindaje liviano para zonas opacas de automóviles, tanto particulares, como policiales.

Asimismo, se estudiará el efecto del agregado de nanopartículas en la formulación de la matriz, logrando un material compuesto con elevadas prestaciones que cumpla los requerimientos de la normativa correspondiente. El desarrollo propuesto significará un gran aporte a la defensa y a la seguridad nacional ya que permitirá blindar vehículos para utilizar en zonas de conflicto tanto en el medio civil como militar/policial, utilizando blindajes de última generación con mayor resistencia al impacto, menor peso y mayor vida útil en servicio, con la consiguiente mejora en la dinámica y seguridad tanto del vehículo como de sus ocupantes.

Actualmente en el país no existen antecedentes de desarrollos relacionados con blindajes opacos de materiales compuestos. Sólo se han desarrollado localmente blindajes sinterizando cerámicas y alúminas en CITEDEF.

Las empresas privadas que fabrican blindajes en nuestro país únicamente confeccionan blindajes en base a materias primas del tipo aramídicas importadas, constituyendo paquetes balísticos conformados por capas cosidas entre sí. Estas protecciones no poseen ninguna matriz polimérica y no involucran ningún tipo de desarrollo nacional.

El blindaje opaco de los vehículos tanto particulares como de las distintas fuerzas de seguridad, hasta hace poco tiempo, utilizaba aceros inoxidables tipo



AR 500 de alto impacto, lo que daba como producto final un vehículo blindado pesado y poco ágil, aumentando el consumo de combustible y la contaminación ambiental en un 30 por ciento aproximadamente respecto del vehículo sin blindar.

Además de estas desventajas, se reducía la vida útil del rodado a 5 años aproximadamente en lugar de los 10 años de servicio que posee un vehículo de calle del mismo modelo, debido al desgaste que sufren los componentes por su peso.

A su vez, la seguridad para terceras personas era reducida en un 40% aproximadamente, puesto que el frenado del rodado blindado era mucho menor que un vehículo de peso estándar, ya que sus frenos estaban diseñados para ser eficientes en esos pesos.

Al mismo tiempo, el impacto producido por un rodado que ha aumentado un 50 % su masa, no es el mismo que un vehículo diseñado de manera estándar, puesto que la inercia del primero es mucho mayor que la del segundo.

En 1996, nace en México la empresa "BLINDAJES ALEMANES", con asistencia técnica de Wendler GmbH Alemania, como respuesta a la necesidad del mercado mexicano de un blindaje de la más alta calidad e integridad balística. Cinco años más tarde, en el 2001, Blindajes Alemanes, Wendler México y Wendler GmbH se integran en el grupo Wendler Blindajes Alemanes (WBA), combinando así toda su experiencia e ingeniería en una de las empresas de blindaje más prestigiosas e importantes del mundo.

Con el apoyo de esta gran empresa nace "Auto Safe S.A" Colombia, que cumple con todas las certificaciones requeridas y ofrece al mercado blindajes de la más alta calidad.

Con el avance tecnológico de los últimos cinco años, casi todos los aceros balísticos se fueron reemplazando por telas aramídicas unidas mediante la sumatoria de capas cosidas entre sí. Aquí aparecen las fibras aramídicas como un nuevo concepto de impedir los daños producidos por armas de fuego. Las uniones y los intersticios que presentaban estos paquetes balísticos ocasionaban fallas graves en mucho de los casos.

La evolución de las armas de fuego hace inevitablemente que las protecciones balísticas también tengan su avance tecnológico. Esto crea la imperiosa necesidad de cambiar la forma de armado de las protecciones balísticas.

Teniendo en cuenta que los blindajes de por sí ya



son bastante caros en el mercado mundial, y considerando todo el desarme y armado del rodado que se está blindando, este tipo de protección balística no sería del todo rentable, sin considerar la degradación sustancial de la vida útil del rodado, las sumatorias de las fallas humanas en el armado del mismo, y los ruidos que adquiere el vehículo como producto de esta actividad.

forzar, aunque hasta el momento siguen siendo los de mayor eficiencia para protecciones balísticas de niveles RB3 y RB4 (Norma RENAR MA.02, 2001). Por lo tanto, lo que se busca es poder reemplazar los blindajes cerámicos por otros sistemas que brinden protecciones similares.

Además de los blindajes anteriores, actualmente se



La mayoría de los blindajes rígidos compuestos por materiales tipo cerámicos siguen manteniendo un peso considerablemente alto respecto del peso que tendría un material polimérico reforzado o sin re-

están implementando otros tipos de blindajes bélicos mediante el uso de materiales compuestos con polvos cerámicos, residuos cerámicos industriales, resinas, y fibra de vidrio.



Estos blindajes más modernos presentan una zona rígida que provoca la deformación de la ojiva o punta del proyectil y absorbe gran parte de la energía al momento del impacto, mientras que la zona blanda fabricada con fibras de aramida, fibras de vidrio tipo E, tejidos de fibras poliéster de alta resistencia o fibras de carbono, permite reducir la energía cinética residual de los fragmentos rápida y notablemente, reteniendo restos de la ojiva.

Una de las técnicas más utilizadas para obtener los blindajes compuestos es la compactación de las fibras mediante la utilización de técnicas de vacío, preformado por matrices con altas temperaturas.

Estos paquetes balísticos son sometidos a atmósferas controladas con presiones que oscilan en el rango de las 15 a 20 atmósferas. Estos procesos hacen que dichos elementos se unifiquen eliminando el aire acumulado entre las tramas de las distintas telas y entre las distintas capas de los diferentes materiales constituyentes del paquete, impidiendo el ingreso de las moléculas de agua lo que hace que el blindaje sea liviano, resistente, y de baja higroscopicidad. La higroscopicidad en las telas aramídicas ampliamente utilizadas como protección balística, se considera altamente peligrosa, puesto que las mismas se encuentran conformadas por una determinada forma de entramado de los hilos. Al existir humedad entre las distintas tramas de la tela y, al aplicarle un altísimo impacto de una masa tipo metálica como es el caso de un proyectil de arma de fuego, dicha humedad actúa como lubricante entre la superficie del sólido de revolución como es en el caso del proyectil y la superficie de la tela.

Por otra parte, la detención de los proyectiles de los calibres .44 Magnum y 9 mm, ambos de alta velocidad, presentan inercias muy elevadas, ya que sus aceleraciones son muy altas, y en muchos casos su morfología es de carácter aerodinámico. Esta combinación ocasiona daños inclusive en superficies aceradas.

La introducción de nanopartículas en pequeñas proporciones a una matriz polimérica combinada con otros refuerzos es un concepto muy reciente, producto de las nuevas tecnologías que se están implementando de carácter innovador. Se obtienen mejoras en diversas propiedades tales como la tenacidad a la fractura del material tanto en condiciones cuasiestáticas como de impacto.

En el grupo de trabajo, existe una amplia experiencia en el desarrollo, caracterización y simulación numérica de polímeros y materiales compuestos de matriz polimérica. Se ha trabajado tanto en micro como en nano-compuestos y se ha realizado su ca-

racterización morfológica, térmica y mecánica.

La temática común que ha conducido a la formación de este grupo de trabajo es el desarrollo, la caracterización y la simulación de materiales compuestos de matriz polimérica para desarrollar blindajes opacos livianos.

El objetivo principal del proyecto, es el desarrollo de un blindaje liviano para zonas opacas de automóviles, tanto particulares como policiales, mediante la utilización de placas balísticas compuestas con refuerzos diversos tales como fibras aramídicas, fibras de carbono y fibras de vidrio, en diferentes matrices termorrígidas (resinas epoxídicas, resinas poliéster y fenólicas) modificadas con nanopartículas.

Se plantean como objetivos específicos el de desarrollar un protocolo de fabricación de un material compuesto utilizando diferentes procesos tales como moldeo por compresión, curado por autoclave e infusión asistida por vacío; determinar los elementos constitutivos del material compuesto que permita maximizar las propiedades de fractura frente al impacto, contemplando la modificación de las siguientes variables:

- Cantidad de capas, geometría y orientación, tipo de capa (aramídica, carbono, etc.) y tipo de matriz, modificando la misma con la incorporación de nanopartículas.
- Respuestas al impacto del material desarrollado, tanto a través de ensayos de impacto convencional así como de ensayos balísticos.
- Comportamiento del material compuesto que conformará el blindaje en distintos ambientes climatológicos como ser húmedos, secos, temperaturas extremas, etc.

A tal fin, se propone un plan que abarca desde la optimización de la matriz polimérica mediante el agregado de nanopartículas así como la optimización de la geometría del refuerzo (combinación óptima de capas, orientación y tipo), el desarrollo de un protocolo de fabricación de los materiales compuestos y la fabricación de placas testigo para su evaluación frente al impacto en diversas condiciones ambientales y, finalmente, la fabricación de un prototipo que consiste en una puerta de un vehículo blindado.



## Riesgos

**Riesgos Tecnológicos:** El riesgo principal está relacionado con el desarrollo de un proceso que sea económicamente viable. Otro riesgo está asociado a la falta de mano de obra calificada relacionada con la ingeniería de materiales compuestos, cuestión que podría afectar la transferencia del conocimiento científico al ámbito tecnológico. Finalmente, una cuestión clave es la disponibilidad de insumos que, por la naturaleza del proyecto, necesariamente deben obtenerse del exterior. Un ejemplo de insumo sería una fibra o tela aramídica.



La falta de los instrumentos necesarios para los ensayos, como acelerómetros, máquinas de impacto, cámara de alta velocidad, galgas extensométricas, pondrían en riesgo la obtención y análisis de los datos necesarios para el desarrollo del proyecto.

**Impacto en el Medioambiente:** El proyecto presenta un impacto positivo para el medio ambiente, puesto que al ser un blindaje liviano, esto reducirá un 30% aproximadamente el consumo de combustible con respecto al mismo rodado blindado con aceros balísticos. Por lo tanto, además de los beneficios del desarrollo para la Defensa Nacional en cuanto a las mejores prestaciones del nuevo blindaje BLOC, existirá un beneficio adicional económico y social por la disminución en el consumo de energía y la consiguiente reducción de la contaminación ambiental.

**Impacto psicológico:** un blindaje seguro brindará una sensación de seguridad y confiabili-

dad a los integrantes de la tripulación del rodado, ya sean civiles, como funcionarios públicos, tales como personal integrante de fuerzas de seguridad, o inclusive funcionarios públicos de otra índole.

Las condiciones hostiles en las que se puede ver involucrado un agente de seguridad, a veces son de altísimo riesgo, es por ello que el vehículo blindado, debe proporcionar una eficiente protección para el individuo.

## Impactos científico-tecnológicos

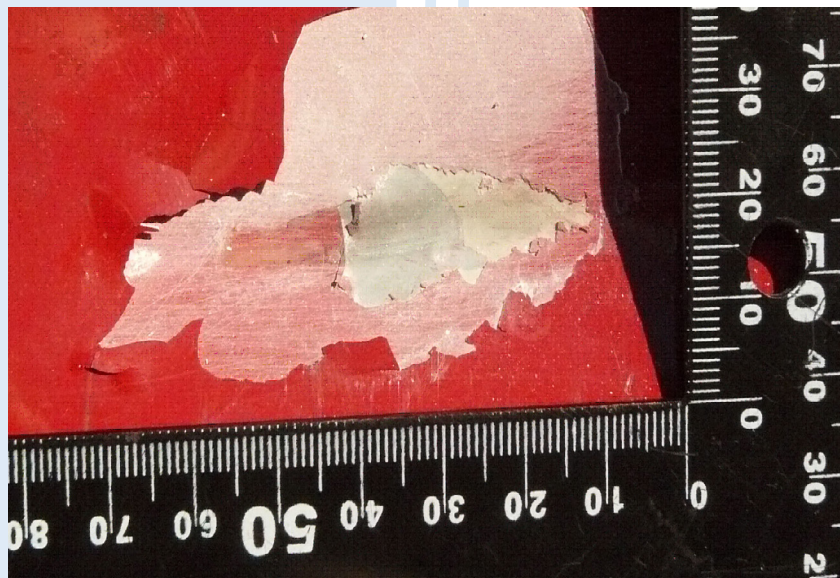
El desarrollo de la cadena de valor de materiales compuestos con elevadas prestaciones frente a solicitudes de impacto representa un hito fundamental para la comunidad científico-tecnológica de nuestro país. Actualmente, la Argentina tiene un largo camino que recorrer en el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico que pueda ser transferido a la industria, logrando lo que se denominada el 'know how' en esta rama de la ingeniería.

Para ello, se necesita financiar este tipo de proyectos, para lograr una continuidad en los desarrollos de tipo científico y tecnológico. El estado es un actor clave en estos trabajos de I+D, dado que los entes privados en Argentina no invierten recursos en desarrollos de este tipo, sino que por el contrario, se fomenta la incorporación de productos novedosos provenientes íntegramente del exterior. Esto dificulta establecer una cadena de valor en nuestro país, cuestión clave para la formación científica tecnológica de blindajes compuestos.



***Ensayo balístico con munición calibre 9 mm sobre un panel de puerta correspondiente a un automóvil***

28



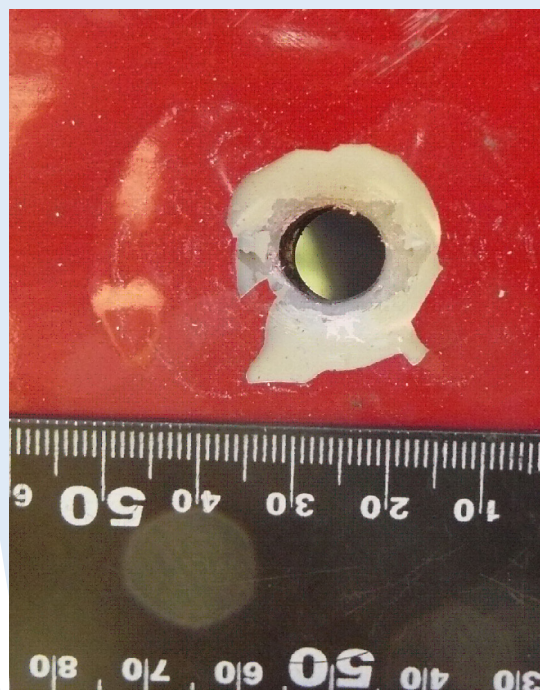
Impacto con punta "Full Jacket", punta ojival calibre 9 mm con un ángulo de incidencia de 0°



Impacto con punta "Full Jacket", punta ojival calibre 9 mm con un ángulo de incidencia de 20°



Impacto con punta "Full Jacket", punta ojival calibre 9 mm con un ángulo de incidencia de 90°



Impacto con punta "Full Jacket", punta ojival calibre 9 mm con un ángulo de incidencia de 45°



### ***Carlos Horacio Scala***

Doctorando de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Lomas de Zamora (FI-UNLZ).  
Ingeniero Mecánico con Orientación en Armamento, Facultad del Ejército Argentino.

E-mail: [carloshscala@gmail.com](mailto:carloshscala@gmail.com)